

числа вытяжных каналов  $n$ . Так, увеличение расхода выбросов при уменьшении линейного сопротивления в два раза составляет 8% для  $n=2$ , а для  $n=4$  – приблизительно 3%. В то же время падение расхода выбросов до 5% при  $n=2$  наблюдается при увеличении сопротивления линейного участка в 1,5 раза, а для  $n=4$  – с ростом сопротивления в 2,5 раза.

Результаты прогнозирования характеристик перспективной вентиляционной системы позволяют выбрать рациональное конструктивное решение вытяжной системы реконструируемого участка, исходя из допустимой величины изменения линейного расхода в соответствии с требованиями санитарно-техническими нормами в помещении.

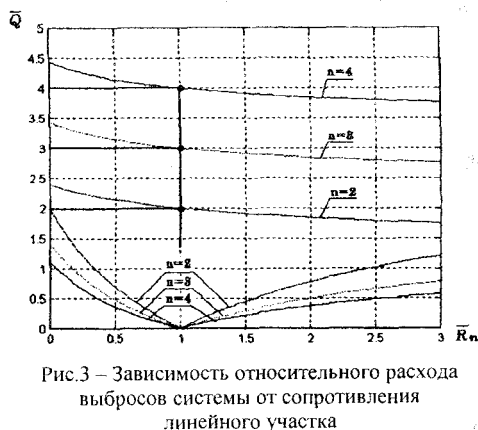


Рис. 3 – Зависимость относительного расхода выбросов системы от сопротивления линейного участка

И. Соколов В.И. Аэродинамика газовых потоков в каналах сложных вентиляционных систем. – Луганск: ВУГУ, 1999. – 200 с.

Получено 25.07.2000

УДК 697.34

А.А.ОЛЕКСЮК, канд. техн. наук

Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка

## КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОДЯНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Произведена комплексная оптимизация основных факторов и параметров, выраженных в виде расчетных формул для определения полных приведенных затрат, согласно составляющим блок-схемы.

В качестве функции цели были приняты полные приведенные затраты, которые определяли по результатам комплексной оптимизации параметров в системах теплоснабжения:

$$\Pi = K_{ист.}(f_{ист.} + E_H) + K_{т.с.}(f_{т.с.} + E_H) + K_{т.п.}(f_{т.п.} + E_H) + K_{м.с.}(f_{м.с.} + E_H) + I_{топл.} + I_{пер.} + I_{ХВО} + I_{обс.} + U, \quad (1)$$

где  $K_{ист.}$ ,  $K_{т.с.}$ ,  $K_{т.п.}$ ,  $K_{м.с.}$  – капиталовложения соответственно в источник теплоты, тепловые сети, тепловые пункты и местные системы

теплопотребления;  $f_{ист}$ ,  $f_{м.с.}$ ,  $f_{т.п.}$ ,  $f_{м.с.}$  – ежегодные отчисления на амортизацию, текущий и капитальный ремонты, в местные системы от соответствующих капитальных вложений, год<sup>-1</sup>;  $E_H$  – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений, год<sup>-1</sup>;  $I_{топл.}$ ,  $I_{пер.}$ ,  $I_{ХВО}$ ,  $I_{обс.}$  – ежегодные издержки соответственно на топливо в источнике теплоты, электроэнергию, на перекачку теплоносителя по теплосети, циркуляционным трубопроводам на источнике и в местных системах теплопотребления, на химводоочистку подпиточной воды, обслуживание и управление системы теплоснабжения, грн./год.

Все переменные составляющие функции цели определяли по соответствующим зависимостям.

– Капиталовложения в оборудование источника теплоты в зависимости от степени централизации:

а) при теплофикации:

$$K_{ист}^{ТЭЦ} = K_{ОБ} + K_{ПБ} + K_{ХВО} + K_{СН} + K_{ППН} + K_{ак}^{ист};$$

б) от районной водогрейной котельной:

$$K_{ист}^{РК} = K_K + K_{ак}^{ист} + K_{ХВО} + K_{РН} + K_{СН}, \quad (2)$$

где  $K_{ОБ}$ ,  $K_{ПБ}$ ,  $K_{ХВО}$ ,  $K_{СН}$ ,  $K_{ППН}$ ,  $K_{ак}^{ист}$  – капитальные вложения в основные бойлеры, пиковые, оборудование химводоподготовки, сетевые и подпиточные насосы и аккумуляторы горячей воды, грн.;

$$K_K = \kappa_K \cdot Q_{сист}^P;$$

$$K_{ак}^{ист} = K_{ак}^{ист} \cdot V_{ак}^{ист};$$

$$K_{ХВО} = K_{ХВО} \cdot G_{ХВО}^P; \quad (3)$$

$$K_{РН} = \kappa_H \cdot N_{РН}^P;$$

$$K_{СН} = \kappa_H \cdot N_{СН}^P,$$

где  $\kappa_K$ ,  $K_{ак}^{ист}$ ,  $K_{ХВО}$ ,  $\kappa_H$  – удельные стоимости соответственно котлов, грн./кВт, аккумуляторов горячей воды, грн./м<sup>3</sup>, оборудования химводоочистки, грн./м<sup>3</sup> и насосов, грн./кВт, в котельной;  $Q_{сист}^P$ ,  $V_{ак}^{ист}$ ,  $G_{ХВО}^P$ ,  $N_{РН}^P$ ,  $N_{СН}^P$  – расчетные значения соответственно тепловой нагрузки, кВт, емкости аккумуляторов горячей воды, м<sup>3</sup>, расхода подпиточной воды, м<sup>3</sup>, мощности рециркуляционных и сетевых насосов, кВт, в системе теплоснабжения.

- Капиталовложения в наружные тепловые сети и тепловую изоляцию будут во многом зависеть от способа прокладки:

а) подземная в непроходных каналах или безканально:

$$K_{TC} = K_{TC}^{TP} + K_{кан} + K_{НО} + K_{УТ} + K_{из};$$

б) надземная:

$$K_{TC} = K_{TC}^{TP} + K_{ОПОР} + K_{из}, \quad (4)$$

где  $K_{TC}^{TP}$ ,  $K_{кан}$ ,  $K_{НО}$ ,  $K_{УТ}$ ,  $K_{из}$  – капитальные вложения в трубопроводы, каналы, опоры, узлы трубопроводов с арматурой и оборудованием, изоляцию, грн.;

$$K_{TC}^{TP} = (a \cdot L_{зл} + в \cdot M_{зл}) \cdot \varepsilon (1 - \varphi);$$

$$K_{кан} = \kappa_{кан} \times L_{TC} + K_{пер} \times L_{TC} + K_{кан}^{из} \times L_{TC};$$

$$K_{опор} = K_{НО} \cdot Z_1 + K_{СК} \cdot Z_2; \quad (5)$$

$$K_{УТ} = K_{стр}^{конс} \cdot n_1 + k_{обор}^{УТ} \cdot n_2;$$

$$K_{из}^{TC} = \kappa_{из} \cdot V_{из}^{зл} \times \varepsilon,$$

где  $a$ ,  $в$ ,  $\kappa_{кан}$ ,  $K_{пер}$ ,  $K_{кан}^{из}$ ,  $K_{из}$ ,  $K_{НО}$ ,  $K_{СК}$ ,  $K_{стр}^{конс}$ ,  $K_{обор}^{УТ}$  – удельные стоимости элементов тепловой сети (грн./м и грн./м<sup>2</sup>), каналов, плит перекрытий и их гидроизоляции, грн./м; тепловой изоляции трубопроводов, грн./м<sup>3</sup>; неподвижных и подвижных опор, грн./шт.; строительных конструкций и оборудования узлов трубопроводов, грн./шт.;  $L_{зл}$ ,  $M_{зл}$ ,  $V_{из}^{зл}$  – соответственно длина, м, материальная характеристика, м<sup>2</sup>, и объем тепловой изоляции на трубопроводах, м<sup>3</sup>, главной магистрали тепловой сети;  $\varphi$  – доля стоимости тепловой сети, приходящаяся на тепловую изоляцию трубопроводов;  $\varepsilon$  – коэффициент разветвленности теплосети;  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  – число опор, шт., и количество узлов трубопроводов с их оборудованием.

- Ежегодные доли отчислений на амортизацию, текущий и капитальный ремонты, общесетевые расходы от стоимости наружных теплосетей:

$$f_{TC} = 1,5(f_b + f_{kp}) = 1,5(f_{TC}^{ном} + f_{TC}^{неп});$$

$$f_{TC}^{ном} = [1 - (\beta_2 + \beta_3)]f_B^P + f_{KP}; \quad (6)$$

$$f_{TC}^{nep} = \frac{(\beta_2 \times \sum \delta_i^{pav} + \beta_3 \times \sum \delta_i^{язв}) n_i}{8760 \times \Delta S_{дон}},$$

где  $f_e^P$  и  $f_{кр}$  – расчетная доля отчислений на реновацию и капитальный ремонт тепловых сетей, год<sup>-1</sup>;  $\beta_2, \beta_3$  – доля тепловых сетей, подверженных равномерной и язвенной наружной коррозии трубопроводов;  $\delta_i^{pav}, \delta_i^{язв}$  – скорость равномерной и язвенной наружной коррозии тепловых сетей, мм/год, на  $i$  диапазоне;  $n_i$  – длительность  $i$  диапазона; ч;  $\Delta S_{дон}$  – допустимая глубина коррозионных повреждений трубопроводов тепловой сети, м.

– Капиталовложения в центральные или индивидуальные тепловые пункты:

$$K_{ЦТП} = (K_{ТО}^{OT} + K_{ТО}^{ГВ} + K_H^{OT} + K_H^{ГВ} + K_{ак}^{ГВ} + K_{ЭМО}) \times \mu_{стр}^{ЦТП} \times m_1;$$

$$K_{ИТП} = (K_{О+Г}^{ПАУ} + K_{ЭМО} + K_{нас}^{ИТП}) \times \mu_{стр}^{ИТП} \times m_2;$$

$$K_{ТО}^{OT} = \kappa_T \cdot F_{OT}^P; K_{ТО}^{ГВ} = \kappa_T \cdot F_{ГВ}^P; K_H^{OT} = \kappa_H \cdot N_{OT}^P; \quad (7)$$

$$K_H^{ГВ} = \kappa_H \cdot N_{ГВ}^P; K_{ак}^{ГВ} = \kappa_{ак} \cdot V_{ак}^{ГВ}; K_{ЭМО} = \kappa_{ЭМО} \cdot G_{ГВ};$$

$$K_{О+Г}^{ПАУ} = \kappa_{ПАУ} (F_{OT}^{ИТП} + F_{ГВ}^{ИТП}); K_{нас}^{ИТП} = \kappa_H (N_{OT}^{ИТП} + N_{ГВ}^{ИТП}),$$

где  $\kappa_T, \kappa_H, \kappa_{ак}, \kappa_{ЭМО}, \kappa_{ПАУ}$  – удельные стоимости соответственно теплообменников, грн./м<sup>2</sup>, насосов, грн./кВт, аккумуляторов горячей воды, грн./м<sup>3</sup>, подогревательно-аккумуляторных установок на ИТП, грн./ПАУ;  $F_{OT}^P, F_{ГВ}^P, N_{OT}^P, N_{ГВ}^P, V_{ак}^{ГВ}, G_{ГВ}$  – расчетные значения, соответственно теплообменников, м<sup>2</sup>, мощности насосов, кВт, для систем отопления и горячего водоснабжения, емкости аккумуляторов горячей воды, м<sup>3</sup>, в тепловом пункте, обработанной горячей воды, м<sup>3</sup>;  $\mu_{стр}^{ЦТП}, \mu_{стр}^{ИТП}$  – коэффициенты, учитывающие расходы в строительную часть тепловых пунктов;  $m_1, m_2$  – количество тепловых пунктов в системе теплоснабжения.

– Капиталовложения в местные системы теплопотребления:

$$K_{М.С.} = K_{К.С.} + K_{аб}; K_{К.С.} = \kappa_{К.С.} \times Q_{К.С.}^P \cdot m_1;$$

$$K_{аб} = (K_{ОВ} + K_{ГВ}) \cdot m_2; \quad (8)$$

$$K_{OB} = \kappa_{OT} \cdot Q_{OB}^P; \quad K_{GB} = \kappa_{GB} \cdot Q_{GB}^P,$$

где  $K_{КС}$ ,  $K_{OB}$ ,  $K_{GB}$  – капитальные вложения в квартальные тепловые сети при наличии ЦТП и во внутридомовые абонентские системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения;  $\kappa_{КС}$ ,  $\kappa_{OT}$ ,  $\kappa_{GB}$  – удельные стоимости квартальных тепловых сетей и внутридомовых систем теплопотребления, грн./кВт;  $Q_{КС}^P$ ,  $Q_{OB}^P$ ,  $Q_{GB}^P$  – расчетные значения тепловых потоков, покрываемых квартальными тепловыми сетями и внутридомовыми системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, кВт, соответственно;  $m_1$ ,  $m_2$  – число ЦТП и ИТП в системе теплоснабжения.

– Ежегодные издержки на топливо:

$$I_{топл} = \epsilon_{\kappa} \cdot Z_{топл} \sum_1^i (Q_{сист}^i + Q_{ГП}^i) \cdot n_1;$$

$$Q_{сист}^i = Q_{OT}^i + Q_B^i + Q_{ГВ}^{cp};$$

$$Q_{ГП}^i = (Q_{ГП}^i)_{ГС} + (Q_{ГП}^i)_{МС};$$

$$(Q_{ГП}^i)_{ГС} = (Q_{ГП}^i)_{ГС}^{ГЛ.М} \cdot \alpha; \quad (9)$$

$$(Q_{ГП}^P)_{МС} = 0,05 Q_{МС}^P;$$

$$Q_{МС}^P = (Q_{OB}^i + Q_{ГВ}^P) \cdot m_2,$$

где  $Q_{сист}^i$ ,  $Q_{OT}^i$ ,  $Q_B^i$  и  $Q_{ГВ}^{cp}$  – значения тепловых потоков соответственно суммарной, отопления и вентиляции на  $i$  диапазоне и средняя нагрузка горячего водоснабжения в системе теплоснабжения, кВт;

$(Q_{ГП}^i)_{ГС}$ ,  $(Q_{ГП}^i)_{ГС}^{ГЛ.М}$ ,  $(Q_{ГП}^P)_{МС}$  – значения тепловых потерь в теплосети и главной магистрали на  $i$  диапазоне и расчетные в местных системах теплопотребления, кВт;  $\epsilon_{\kappa}$  – удельный расход топлива в котельной, кг/(кВт ч);  $Z_{топл}$  – замыкающие затраты на топливо грн./кг.

– Ежегодные издержки на перекачку теплоносителя:

$$I_{пер} = I_{СН} + I_{РН} + I_{СМ}^{OT} + I_{ЦИР}^{OT} + I_{ЦИР}^{ГВ};$$

$$\begin{aligned}
I_{CH} &= N_{CH}^P \cdot Z_{ЭЛ} \sum_1^i \overline{N_{CH}^i} \cdot n_i; \\
I_{PH} &= N_{PH}^P \cdot Z_{ЭЛ} \sum_1^i \overline{N_{PH}^i} \cdot n_i; \\
I_{СМ}^{OT} &= N_{СМ}^P \cdot Z_{ЭЛ} \cdot m_1 \sum_1^i \overline{N_{СМ}^i} \cdot n_i; \\
I_{ЦИР}^{OT} &= N_{OT}^P \cdot Z_{ЭЛ} \cdot m_1 \cdot n_{OT}; \\
I_{ЦИР}^{ГВ} &= N_{ГВ}^P \cdot Z_{ЭЛ} \cdot m_1 \cdot n_{ГВ} \cdot \mu_{ГВ},
\end{aligned} \quad (10)$$

где  $\overline{N_{CH}^i}$ ,  $\overline{N_{PH}^i}$ ,  $\overline{N_{СМ}^i}$  – относительные значения потребляемой мощности соответственно сетевыми и рециркуляционными насосами в котельной и смесительными на тепловом пункте на  $i$  диапазоне, кВт;  $N_{СМ}^P$  – расчетная мощность смесительных насосов для систем отопления на тепловом пункте, кВт;  $Z_{ЭЛ}$  – замыкающие затраты на электроэнергию, грн./кВт;  $n_{OT}$  и  $n_{ГВ}$  – продолжительность работы систем отопления и горячего водоснабжения в году, ч;  $\mu_{ГВ}$  – относительная продолжительность циркуляционного режима для систем горячего водоснабжения.

– Ежегодные издержки на химводоподготовку подпиточной воды:

$$I_{XBO} = Z_{XBO} \cdot V_{XBO}, \quad (11)$$

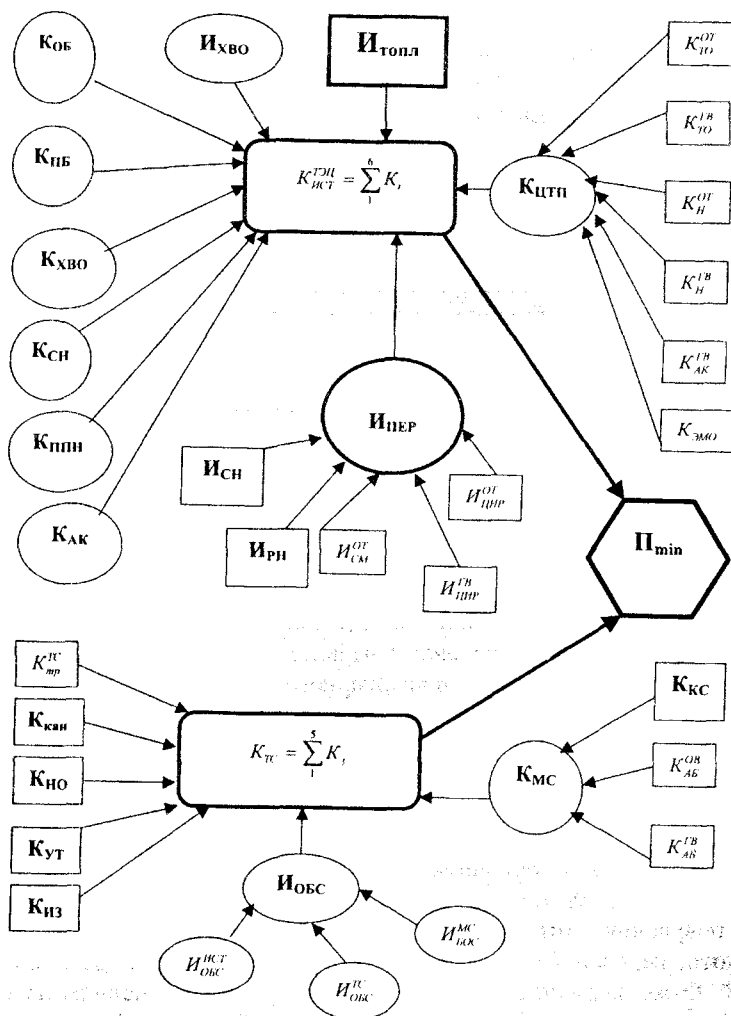
где  $V_{XBO}$  – количество подпиточной воды в системе теплоснабжения, м<sup>3</sup>/год;  $Z_{XBO}$  – удельные расходы на химводоподготовку подпиточной воды, грн./м<sup>3</sup>.

– Ежегодные издержки на обслуживание:

$$I_{обс} = I_{обс}^K + I_{обс}^{TC} + I_{обс}^{MC} = 1,27 Q_{сис}^P \cdot в_{ЗП} (П_K + П_{TC} + П_{MC}), \quad (12)$$

где  $П_K$ ,  $П_{TC}$ ,  $П_{MC}$  – штатные коэффициенты по эксплуатационному персоналу для котельных, тепловых сетей и местных систем теплоснабжения, чел./кВт;  $в_{ЗП}$  – среднегодовая заработная плата одного работника эксплуатационной службы для системы теплоснабжения, грн./год.

В результате составлена блок-схема по определению полных приведенных затрат согласно выбранной системе теплоснабжения с учетом комплексной оптимизации основных факторов и параметров (см. рисунок).



Блок-схема по определению минимума приведенных затрат с учетом комплексной оптимизации основных параметров

Все составляющие блок-схемы выражены в виде расчетных формул (1)-(12).

Получено 29.08.2000

УДК 697.34

П.Ю.ПУРГАЛ, канд. техн. наук

*Институт нагривальной та санитарной техники (м.Радом, Польша)*

## **ЛІЧІЛЬНИКИ СПОЖИТОЇ ТЕПЛОТИ НАГРІВНИКОМ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ**

Розглядаються сучасні лічильники обліку спожитої теплоти і системи нарахування плати за неї.

На сьогодні правове врегулювання в Польщі, що комплексно охоплює проблему індивідуальної оплати за опалення в багатоквартирному житловому будинку, є недосконалим. Центральний осередок "INSTAL", видаючи постанову, що зобов'язує застосовувати в будинках лічильники-калориметри, керувався німецькими нормами використання і обліку теплової енергії, зокрема, положеннями норми DIN-4713. У цьому документі викладено умови використання і вимоги до дифузійних та електронних лічильників кількості спожитої теплової енергії. Він є основою формування європейських норм EN 834, EN 835, а також системи нарахувань за спожиту теплоту.

Розпорядження і постанови уряду відносяться до мереж центрального опалення. Нагрівники, що постачають теплову енергію в конкретні квартири, можуть жититися з різних горизонтів системи опалення, на відміну від однорівневих нагрівників. Основою ж для оплати за спожиту теплоту є показники квартирного тепломіра.

Принципом дії лічильника кількості теплоти є інтегрування в часі сигналів рівня температури, що прийнята за основний інформативний параметр. Окрім того, за величиною температури поверхні нагрівника, на якому встановлено лічильник, неважко визначити його миттєву потужність.

У дифузійних лічильниках обліку спожитої теплоти використано явище зміни об'єму рідини, залитої в спеціальну камеру, внаслідок її випаровування. Інтенсивність випаровування залежить від кількості теплоти, переданої нагрівником, на якому змонтовано вказаний пристрій. Отже, величина зменшення об'єму рідини є основним показником при визначенні кількості теплової енергії, спожитої за певний період часу.